République de Côte d'Ivoire



UFR-SGE

Sciences et Gestion de l'Environnement

Année académique 2014-2015

N° du candidat : CI0213035501

Nom : OUATTARA

Prénoms : Dohtioh Kroubi Alimata

Laboratoire : Environnement et Biologie Aquatique (LEBA)

Jury :

Président : Prof. N'GO Alexis, Maître de conférences, Université Nangui Abrogoua.

Encadreur Scientifique : Dr. OUATTARA Pétémanagnan Jean-Marie, Maître-Assistant, Université Nangui Abrogoua.

Examinateur : Dr. OUATTARA Nouho, Maître-Assistant, Université Nangui Abrogoua.

Ministère de l'Enseignement Supérieur
et de la Recherche Scientifique

Travail Personnel Encadré (TPE)

Licence 3 en Sciences et Gestion de l'Environnement

Option :

Sciences et Techniques de l'Eau

Thème :

GESTION DES DECHETS AGRO-INDUSTRIELS : TYPOLOGIE, TRAITEMENT ET VALORISATION

Date de soutenance : 01/ 02 / 2016

TABLE DES MATIERES

DEDICACE

Je dédie ce mémoire à Dieu pour toute la grâce qu'il m'a accordée ; à ma mère, mon oncle, ma tante et mes sœurs pour leur soutien financier et moral, à mes amis ainsi qu'à tous ceux qui m'ont soutenu dans les moments difficiles.

Que Dieu, dans sa miséricorde, les bénisse abondamment.

REMERCIEMENTS

Je tiens à remercier ici toutes les personnes qui ont contribuées à l'élaboration de ce mémoire.

Avant tout, Je remercie le Professeur COULIBALY Lacina, Vice-président de l'Université Nangui Abrogoua et responsable de l'Unité de Recherche en Biotechnologie et Ingénierie de l'Environnement (URBIE), de m'avoir accueilli dans son unité de recherche.

Je remercie Dr OUATTARA P. Jean-Marie de l'équipe de recherche en Ingénierie de l'Environnement et Assainissement et Encadreur Scientifique du présent mémoire, pour avoir accepté de m'encadrer en me proposant un sujet de recherche qui prend en compte mes ambitions de recherche.

Grand merci aux autres Docteurs de l'équipe de recherche en Ingénierie de l'Environnement et Assainissement (Dr MESSOU Aman, Dr KONE Tiangoua, Dr AMA A. Béatrice, Dr MANGOUA-ALLALI A. Lydie, Dr AKPO K. Sylvain, Dr COULIBALY S. Lassina, Dr SANGARE Drissa pour leur encouragement et leurs critiques constructives qui ont permis d'améliorer ce document.

Je suis très reconnaissant à l'endroit des Doctorants de l'équipe de recherche (ADOUKO B. Jean, EBA M. Germain, ZAHUI F. Mickael, KOUA-KOFFI A. Alice, OUATTARA Sinaly et COULIBALY Yoh) pour leur encadrement et leur soutien moral dans la réalisation de ce mémoire.

J'adresse également mes remerciements à tous les étudiants de la Licence 3 des Sciences et Techniques de l'Eau de l'Université Nangui Abrogoua dont les soutiens m'ont permis d'être toujours humble.

LISTE DES ABREVIATIONS

ABEA	Association Bretonne des Entreprises Agroalimentaires
ADEME	Agence de l'Environnement et de la Maîtrise de l'Energie
ASTEE	Association Scientifique et Technique pour l'Eau et l'Environnement
CAHM	Chambre d'Agriculture Haute – Marne
CGEM	Confédération Générale des Entreprises du Maroc
CGDD	Commissariat Général au Développement Durable
CVO	Centre de Valorisation Organique
FAO	Organisation des Nations Unies pour l'Agriculture et l'Alimentation
FNSA	Fédération Nationale des Syndicats de l'Assainissement et de la maintenance industrielle
IAA	Industrie Agricole et Agroalimentaire
IFAD	International Fund for Agriculture Development
INSEE	Institut National de la Statistique et des Études Économiques
INRA	Institut National de la Recherche Agronomique
MEMEE	Ministère de l'Energie, des Mines, de l'Eau et de l'Environnement
MEDDE	Ministère de l'Écologie, du Développement durable et de l'Énergie
PED	Pays en voie de développement
RECORD	Réseau Coopératif de Recherche sur les Déchets et l'Environnement
UE	Union Européenne
UNIDO	United Nations Industrial Development Organization
VIP	Valorisation et Innovation en Partenariat

LISTE DES FIGURES

LISTE DES TABLEAUX

INTRODUCTION

Depuis ces dernières décennies, la protection de l'environnement est devenue une préoccupation collective. La question de la gestion des déchets revient quotidiennement et concerne tout le monde tant sur le plan professionnel que familial **(INRA, 2002)**. Compte tenu des impacts liés aux déchets liquides et solides sur l'environnement et la santé humaine, la gestion des eaux usées et déchets solides industriels, à travers la mise en œuvre de procédés de traitement et de valorisation, est devenu l'un des enjeux majeurs **(Castillo de Campins, 2005)**.

En effet, le développement des activités industrielles (agro-alimentaire, papeterie, industries chimiques, industries de transformation, etc.) entraine la production d'importantes quantités de déchets, dont la mauvaise gestion dégrade l'environnement (pollution de l'air, de l'eau et des sols) et engendre des nuisances sanitaires. Parmi elles, les agro-industries sont les plus diversifiées et les plus représentatives, tant dans les pays développés que dans les pays en développement comme la Côte d'Ivoire. Ces agro-industries génèrent la quasi-totalité des déchets organiques produits par les industries.

Dans les pays développés comme la France, les industries agroalimentaires produisent 93% du total des déchets organiques de l'ensemble de l'industrie. La quasi-totalité des déchets organiques est traitée à l'extérieur de l'usine et 45 % de ces déchets sont valorisés, soit par réutilisation de la matière, soit comme aliments en élevage, ou encore soit pour produire de l'énergie **(Agreste, 2010a)**. En revanche, dans la plupart des pays en développement (PED), bon nombre d'agro-industries sont confrontées à des difficultés de gestion efficiente de leurs déchets. La majorité des industries qu'on y rencontre se contente d'éliminer leurs déchets par incinération ou en les convoyant à la décharge publique d'ordures ménagères **(ASTI, 2014)**. Ces mauvaises pratiques génèrent des impacts négatifs sur la santé publique et les ressources naturelles et compromet ainsi le développement économique durable des pays ; agriculture, tourisme, etc. **(CGEM, 2006)**.

Pour pallier de cette situation et protéger l'environnement ainsi que la santé des populations, il est impérieux de proposer des stratégies adéquates de gestion des déchets agro-industriels. En effet, une bonne gestion de ces déchets a un double bénéfice : économique et environnemental. Elle permet aux entreprises de réaliser des économies dans l'utilisation de leurs ressources et de diminuer également les impacts des déchets produits sur l'environnement **(CGEM, 2006)**. La mise en œuvre de ces stratégies nécessite la maîtrise parfaite des déchets

générés ainsi que leurs modes de gestion. C'est dans ce contexte que le présent travail se propose d'analyser, à travers une revue de littérature conséquente, la gestion actuelle des déchets agro-industriels. De façon spécifique, il s'agit de cerner la typologie de ces déchets, leurs modes de traitement ainsi que leurs techniques de valorisation.

Le travail est organisé en quatre parties. La première partie présente la typologie des déchets agro-industriels. La deuxième partie discute des impacts environnementaux et sanitaires liés aux déchets agro-industriels. La troisième partie fait état de la gestion des déchets agro-industriels. La quatrième partie expose la stratégie d'une meilleure gestion des déchets agro-industriels. Une conclusion met fin à la rédaction du mémoire.

1. TYPOLOGIE DES DECHETS AGRO-INDUSTRIELS

1.1. Agro-industrie et déchets agro-industriels

Agro-industrie : La partie du secteur manufacturer qui transforme les matières premières et les sous-produits provenant du secteur agricole y compris la foresterie et la pêche **(IFAD, 2008)**. Elles regroupent divers secteurs des industries manufacturières à savoir les industries de fabrication d'aliments, de boissons et de tabac; les industries du textile, des vêtements et du cuir; les industries de transformation du bois et produits du bois; les industries de fabrication de papier et produits en papier, d'impression et d'édition et les industries de transformation du caoutchouc et de fabrication des produits dérivés **(FAO, 1997 ; Da Silva *et al.*, 2009)**.

Importance des agro-industries : Elles jouent un rôle fondamental dans la création d'emploi et dans la génération de revenus. Particulièrement, le secteur agroalimentaire (aliment et boissons) revêt une très grande importance dans le développement économique (**Wilkinson et Rocha, 2008)**. Selon l'Union Européenne, ce secteur est un précurseur d'emploi avec plus de 13% des emplois dans les industries. Aux Etats Unies, il représente plus d'un tiers des secteurs les plus importants avec 9% des emplois des industries. En Côte d'Ivoire, le secteur industriel est considéré comme la source principale de croissance économique, il compte pour 22,4% du PIB en 2010. Les agro-industries jouent un rôle stratégique dans les stratégies de lutte contre la pauvreté, particulièrement dans les PED où 75% des pauvres vivent dans les milieux ruraux **(IFAD, 2008)**.

Déchet : Selon le code de l'environnement ivoirien, un déchet désigne un produit solide, liquide ou gazeux résultant des activités des ménages ou d'un processus de fabrication, ou encore, tout bien meuble ou immeuble abandonné ou qui menace de tomber en ruine.

Selon l'article L. 541-1 du code de l'environnement français, un déchet "est tout résidu d'un processus de production, de transformation ou d'utilisation, toute substance, matériau ou produit ou plus généralement tout bien meuble abandonné ou que son détenteur destine à l'abandon" **(INRA, 2002)**.

Déchet agro-industriel : C'est un déchet généré par une activité agro-industrielle, il ne tient pas compte seulement des déchets produits lors du procès de fabrication des produits mais aussi y compris la gestion des installations et équipements. Le fonctionnement de ces industries induit la production de résidus (rejets) solides, liquides et/ou gazeux qualifiés de déchets agro-industriels **(CGDD, 2012)**.

1.2. Typologie selon la nature des déchets

1.2.1. Origine agricole

Ces déchets proviennent des exploitations agricoles et forestières, de la pêche et de l'élevage. Ce sont des déchets organiques (résidus de récolte, déjections animales) générés directement par des activités agricoles (**Ndoumbe *et al.*, 1995**). On distingue les déchets issus des activités culturales et ceux issus de l'élevage.

1.2.1.1. Déchets issus des activités culturales

Dans le langage agricole, « les déchets ou résidus agricoles » désignent les parties de plantes non consommées par l'homme après les récoltes et ayant une faible valeur alimentaire pour les animaux : feuilles, fibreuses des céréales, de la canne à sucre, des racines et tubercules, des fruits secs, etc. (**FAO, 2014**).

1.2.1.2. Déchets issus des activités d'élevage

Ces déchets proviennent des activités d'élevage et industries de transformation des produits issues de l'élevage (**FAO, 2014**). Les déchets et sous-produits provenant du secteur de l'élevage sont produits par les porcs, bovins, volailles, l'aquaculture, etc. (**IVAMER, 2010**). Les effluents d'élevage comprennent toutes les matières liquides ou solides générées par les animaux et les installations de l'élevage (**Agreste, 2010a**). On y retrouve, entre autres, les déchets d'abattage, le sang, les excréments et les os. Les déjections animales, les fumiers, lisiers purins produits par les animaux ont une valeur fertilisante. Les autres déchets (os, plumes) n'ont pas ou ont peu de valeur fertilisante (**CAHM, 2006 ; Coopénergie, 2011**). La figure 1 présente les proportions des différents types de déchets issus d'une industrie de transformation de produits d'élevage.

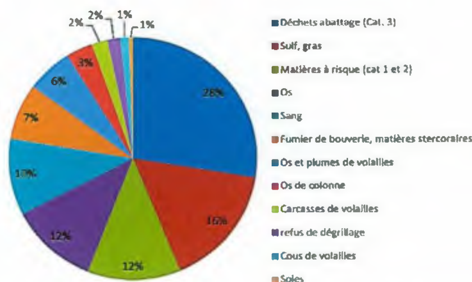


Figure 1 : Proportion des déchets issues d'une industrie de transformation de produits d'élevage (**IVAMER, 2010**).

1.2.1.3. Spécificité des déchets agricoles

Les industries agricoles et alimentaires (ou agroalimentaires) ont pour objet la transformation, l'exploitation et le conditionnement des produits d'origine agricole en denrées alimentaires destinées à la consommation humaine et animale **(ADEME, 2008)**. On peut citer l'industrie des viandes, du poisson, des fruits et légumes, des corps gras, laitière, de boissons, de pâtes alimentaires, et de fabrication d'aliments pour animaux ainsi que des boulangeries et pâtisserie **(Agreste, 2012)**. Toutes ces industries dans leur fonctionnement produisent des déchets de diverses natures. Le tableau I présente les types de déchets produits par des industries agro-alimentaires (IAA).

Tableau I : Nature et quantité de déchets produits par les IAA selon le secteur d'activité **(Agreste, 2010a).**

Secteur d'activité	Boues et effluents			Déchets organiques			Déchets usuels[2]
	Boues de station d'épuration	Autres boues	Total boues	Origine animale	Autres déchets organiques	Total déchets organiques	
Industries agroalimentaires	249,0	2 404,9	2 653,9	339,4	465,7	805,1	1 146,2
Industries alimentaires	239,3	2 201,9	2 441,2	339,4	309,1	648,5	962,4
Industrie des viandes	55,8	763,8	819,6	204,5	23,0	227,5	148,2
Industrie du poisson	1,3	26,9	28,2	11,0	1,5	12,5	55,0
Industrie des fruits et légumes	36,6	476,0	512,6	0,4	186,9	187,3	124,4
Industrie des corps gras	3,7	0,1	3,8	S	S	12,1	25,5
Industrie laitière	60,4	689,5	749,9	106,1	2,1	108,2	132,1
Travail des grains, fabrication de produits amylacés	21,7	52,6	74,3	0,0	8,5	8,5	30,5
Boulangerie-pâtisserie, pâtes	3,6	31,2	34,8	S	S	32,4	143,6
Autres industries alimentaires	20,0	160,5	180,5	9,4	37,2	46,6	228,0
Fabrication d'aliments pour animaux	36,2	1,3	37,5	4,3	9,1	13,4	75,1
Fabrication de boissons	9,7	203,0	212,7	0,0	156,6	156,6	183,8

1.3. Typologie selon le caractère des déchets

La typologie la plus simple caractérise les déchets en fonction de leur dangerosité et de leur impact potentiel sur la santé et l'environnement **(INRA, 2002 ; UE, 2006)**. On peut distinguer quatre grandes catégories : les déchets organiques, les déchets banals, les déchets inertes, les déchets dangereux et spéciaux.

1.3.1. Déchets organiques

Ces déchets sont composés de matière organique et sont issus d'organismes vivants végétaux ou animaux; fruits, légumes, lisiers, etc. **(ADEME, 2008)**. On y retrouve les lisiers, purins, fumiers, fientes, litières, boues de station d'épuration, matières grasses, restes de repas, épluchures, tontes de gazon, feuilles, fleurs fanées, vinasses.

1.3.2. Déchets banals

Ce sont des déchets qui ne contiennent pas de substances toxiques ou dangereuses **(INRA, 2002)**. Il s'agit de tous déchets résultant d'une activité industrielle, agro-industrielle, commerciale ou d'une activité similaire qui n'ont pas un caractère dangereux. Il s'agit des ferrailles, métaux non ferreux, papiers et cartons, verre, textiles, bois, emballages divers, plastiques, etc. **(CGEM, 2006)**. La figure 2 présente les proportions de ces différents déchets.

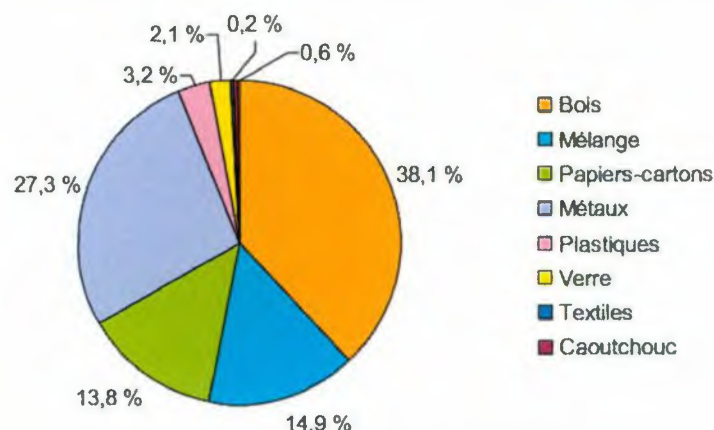


Figure 2 : Proportions de déchets agro-industriels banals **(INSEE, 2008)**.

1.3.3. Déchets dangereux et spéciaux

Ces déchets sont généralement désignés par le terme déchets spéciaux. Ce sont des déchets qui par leur nature dangereuse, toxique, réactive, explosive, cancérigène, inflammable, biologique ou bactérienne, constituent un danger pour l'environnement ainsi que pour la santé humaine **(CGEM, 2006; UE, 2006)**. Ces déchets contiennent des éléments polluants en concentration plus ou moins forte **(INRA, 2002)**. Ils peuvent être de nature organique (solvants, hydrocarbures ...), minérale (acides, boues d'hydroxydes métalliques...) ou gazeuse **(CGDD, 2012)**.

1.3.4. Déchets inertes

Ce sont des déchets composés d'éléments minéraux qui n'évoluent pas dans le temps et qui ne contiennent ni de substances toxiques ou dangereuses pour l'homme, ni de risque de pollution de l'environnement. Ils ne se décomposent pas, ne brûlent pas et ne produisent aucune autre réaction physique ou chimique avec l'environnement. Ils ne sont pas biodégradables et ne se décomposent pas au contact d'autres matières. Ils sont essentiellement constitués de déblais et gravats, de résidus d'activité extractive, etc. Les dépôts de déchets inertes sont souvent à l'origine de création de décharges sauvages **(INRA, 2002)**.

2. IMPACTS ENVIRONNEMENTAUX ET SANITAIRES DES DECHETS AGRO-INDUSTRIELS

La mauvaise gestion des déchets agro-industriels est à la base de diverses conséquences tant sur l'environnement que sur la santé humaine. Le rejet des déchets agro-industriels dans l'environnement engendre des risques de pollution des ressources en eaux, des sols, de l'atmosphère, et affecte diversité de la faune et la flore **(IFAD, 2008)**.

2.1. Impacts sur le sol

Les impacts liés aux activités des agro-industries sur les sols sont, entre autres, l'occupation de grandes surfaces culturales, la contamination des sols, l'érosion des sols et à la baisse de fertilité de ces sols. L'épandage des intrants chargés (DCO, DBO, ETM, solvants, etc.) sur les sols conduit à la transformation des caractéristiques physico-chimiques et microbiologique de ces sols et l'infiltration de ces polluants peuvent atteindre les nappes en profondeur **(Di Nola, 2007)**.

2.2. Impacts sur les ressources en eau

Les impacts liés aux activités des agro-industries sur les ressources en eau (eau de surface, eaux souterraines) sont divers. Les effluents non traités provenant, par exemple, des industries de production de viande, de poisson, de produits laitiers et d'huile végétale ont des teneurs élevées en huiles, graisses, DCO et DBO_5. On y trouve également des concentrations élevées de phosphore surtout, lorsque de grandes quantités d'acide phosphorique sont utilisées, par exemple, pour le dégommage des huiles végétales ou pour le nettoyage. Le rejet de ces concentrations élevées de phosphore dans les cours d'eau conduit au phénomène d'eutrophisation et à la mort des écosystèmes aquatiques **(UE, 2006)**. Le soufre, le phénol et des composants organiques qui accompagnent le traitement de la laine, par exemple, sont susceptibles d'être déversés dans les exutoires et s'accumuler dans les eaux de surface ou s'infiltrer dans les sols pour contaminer l'eau souterraine **(ADEME, 2015)**.

La pollution des ressources en eaux due aux germes pathogènes (bactérie, virus, antibiotique, etc.) et plusieurs autres métaux lourds (chlore, plomb, arsenic, nickel, cadmium) sont à l'origine de maladies diarrhéiques, cancérigènes, etc. **(Lhuilier *et* Cochin, 1999)**.

2.3. Impacts sur l'air

Les émissions atmosphériques que produisent les activités agro-industrielles se composent en général de particules, de fumée, de dioxyde de carbone (CO_2), de dioxyde de soufre (SO_2), d'oxyde nitrique(NO), de méthane (CH_4), de protoxyde d'azote (N_2O), d'odeurs nauséabondes, de gaz à effet de serre, etc. **(Pope, 2000 ; ADEME, 2015)**. Ces émissions seraient à l'origine

de troubles respiratoires signalés par les travailleurs et par les populations vivant dans les environs des industries (**Di Nola, 2007**).

Les affections engendrées par la mauvaise gestion des déchets des agro-industries et couramment manifestées par les populations sont : la brucellose, l'anthrax, le syndrome respiratoire aigu et chronique, les maladies de la peau, l'érysipèle, le rhume, la tularémie et la fièvre. Inhaler les poussières issues des différentes étapes des procédés de fabrication; ce qui les exposerait aux maladies respiratoires et cardiovasculaire, des irritations des bronches ou des poumons et des crises d'asthme **(ASTEE, 2003)**.

2.4. Impacts sur la faune et la flore

Du point de vue écologique, la conversion d'une forêt naturelle en ferme forestière soit préférable à sa conversion pour des cultures sur labours, extraction des essences, il n'en demeure pas moins qu'elle pose les mêmes risques de pertes d'espèces et les mêmes problèmes que la monoculture et la production agricole en général **(ADEME, 2015)**. Les rejets provenant des parcs d'engraissement, des tanneries et des abattoirs peuvent être à l'origine de diverses maladies pour les populations humaines et pour le bétail : mort de la faune aquatique, destruction des habitats, dégradation de la biodiversité, les phénomènes d'eutrophisation des cours d'eaux, et mort des écosystèmes **(Le Gléau, 2012)**. La figure 3 est une illustration des impacts des déchets agro-industriels sur l'environnement.

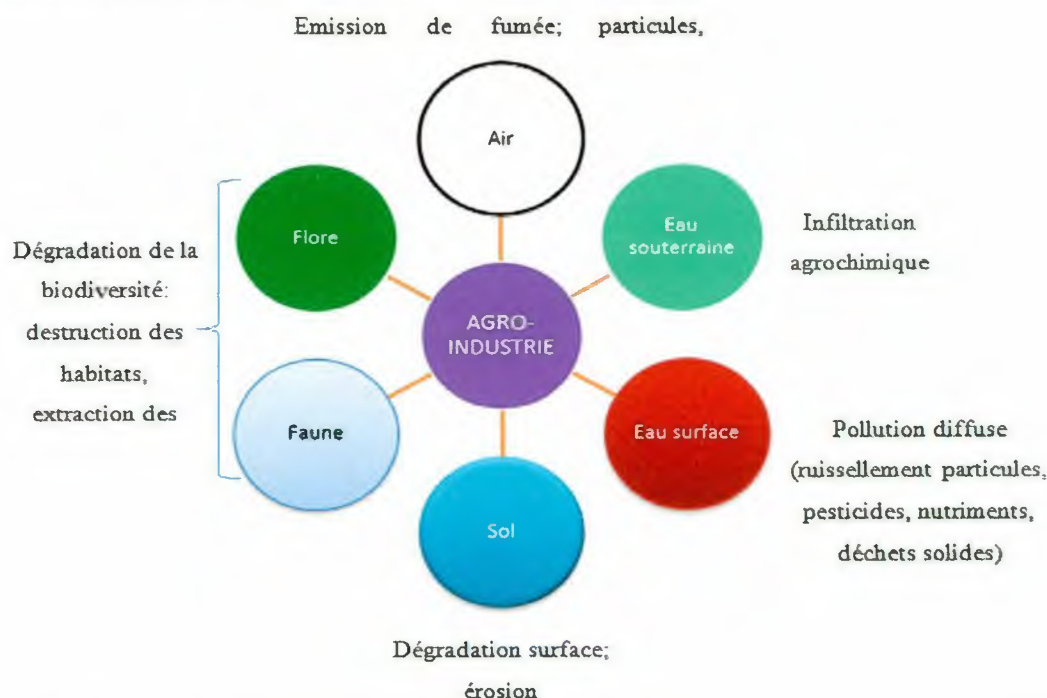


Figure 3 : Illustration des impacts des déchets agro-industriels sur l'environnement **(ADEME, 2015)**.

3. GESTION DES DECHETS AGRO-INDUSTRIELS

3.1. Schéma global de gestion des déchets

La gestion des déchets est toutes actions visant à sa prise en charge. La gestion des déchets des agro-industries comporte les opérations de collecte, transport, stockage et traitement nécessaires à la récupération des éléments et matériaux réutilisables, ainsi qu'au dépôt ou au rejet dans le milieu naturel dans des conditions propres à éviter les nuisances et de réduire leurs effets sur la santé humaine, l'environnement **(INRA, 2002)**. La figure 4 est une illustration de destination et de traitement de déchets agro-industriels.

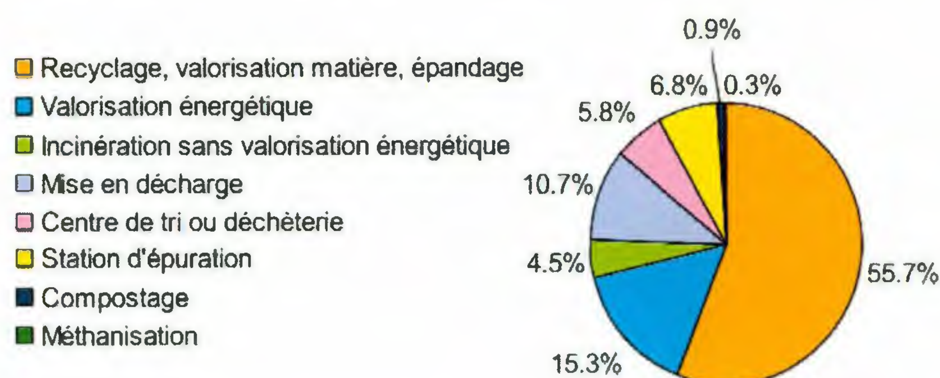


Figure 4 : Destination des déchets non dangereux des agro-industries **(INSEE, 2008)**.

De même la figure 5 illustre les modes de traitement des déchets organiques produits par type d'agro-industries et les pourcentages d'utilisation de ces modes de traitement.

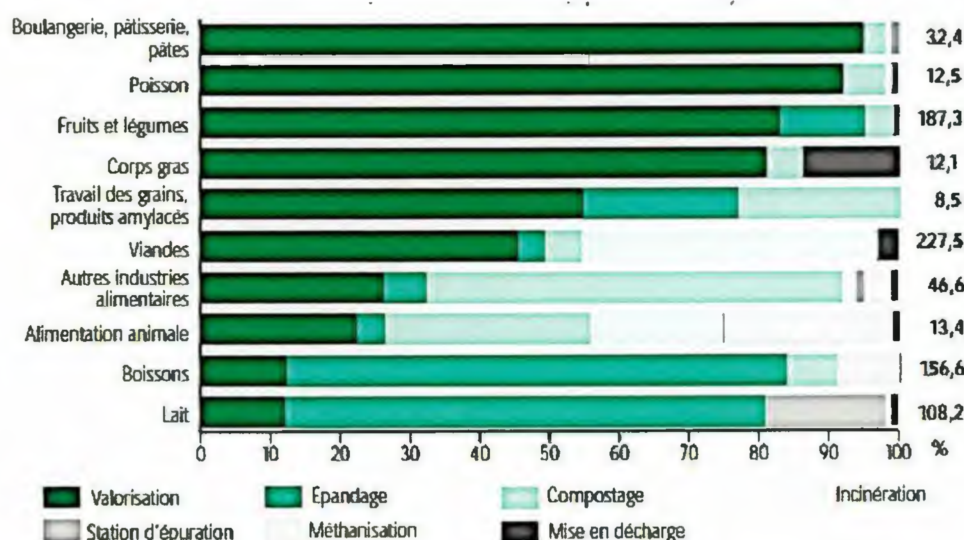


Figure 5 : Traitement des déchets organiques des industries agroalimentaires **(Agreste, 2010a)**.

3.2. Méthodes de traitement

Les modes de gestion mise en place dans les agro-industries afin de limités les pollutions sont notamment le réemploi, la réutilisation, le recyclage, la valorisation et enfin l'élimination **(CGDD, 2012)**.

3.2.1. Mise en décharge

Elle consiste à déposer dans les dépotoirs ou dans des Centre d'enfouissement techniques (CET) les déchets, si ces déchets ne peuvent être valorisés. Ils sont alors stockés dans des centres de stockage adaptés à leur dangerosité : les Centres de Stockage des Déchets Ultimes (CSDU), anciennement Centre d'Enfouissement Technique (CET). Une décharge non contrôlée peut être à l'origine de plusieurs sources de nuisances et de maladies; émissions d'odeur, présence de bestioles, production de biogaz et de lixiviats etc. **(Mejbri *et al.*, 1995)**.

3.2.2. Traitement dans les Stations d'épuration

Une station d'épuration est une installation chargée de traiter (dépolluer) les déchets issus des activités humaines (eaux usées, effluents industriels). La dépollution des effluents dans les STEP suit un stade de prétraitement et des stades de traitement biologique ou physico-chimiques en fonction du type de déchet **(Le Gléau, 2012)**. Afin de limiter les risques toxiques, les boues de STEP peuvent être stabilisées par différents traitements : digestion aérobie ou anaérobie, traitement à la chaux ou traitement thermique **(Fuentes *et al.*, 2004)**. Ces traitements vont avoir des effets sur la composition des boues et sur la spéciation des éléments, notamment les métaux lourds. Les boues de STEP peuvent être utilisées comme source d'azote et de phosphore **(Oliver *et al.*, 2005)**. La figure 6 présente un schéma de traitement biologique d'effluents agroindustriels.

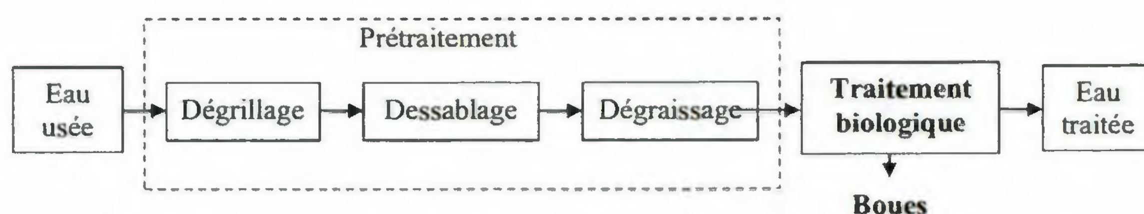


Figure 6 : Schéma classique d'une station d'épuration biologique **(ADEME, 2004)**.

Les procédés de traitements

- *Traitement physico-chimique* : Après désodorisation, décantation, coagulation et floculation, les procédés conduisent à un produit sec facilement stockable ou exportable **(Agreste, 2010b)**.

- *Boues biologiques activées* : Le procédé de traitement par boues activées est un procédé de traitement biologique à culture en suspension. Il est constitué d'un réacteur biologique dans lequel les eaux usées sont mélangées à une biomasse aérée et maintenue en suspension. Le substrat contenu dans les eaux usées sert de nourriture pour la multiplication et le développement des micro-organismes contenus dans la biomasse. La biomasse est ensuite séparée par décantation et une partie de cette biomasse est recyclée dans le réacteur. La biomasse excédentaire est extraite du système et constitue les boues secondaires. Les systèmes de boues activées sont le plus souvent conçus pour être exploités en mode continu avec un réacteur biologique, un décanteur secondaire et des équipements de retour des boues du décanteur vers le réacteur. Ce système permet de transformer la pollution organique en biomasse. Il est constitué d'un bassin d'aération, d'un équipement d'aération et de brassage, d'un clarificateur, d'un dispositif de recirculation des boues, d'un dispositif d'extraction et d'évacuation des boues en excès **(FNSA, 2009)**.
- *lagunage naturel* : Cette technique traite les effluents dans des lagunes en aérobiose (en présence d'oxygène) par action des micro-organismes et du soleil. Le principe repose sur une succession de bassins dans lesquels se déroule un mécanisme de photosynthèse assurant le traitement des matières organiques **(FNSA, 2009)**.
- *lagunage aéré* : L'aération se fait artificiellement soit en surface par des aérateurs ou turbines, soit en immersion par insufflation d'air. En général, cette technique requiert deux lagunes d'aération profondes environ trois mètre (3m) dans lesquelles les matières séjournent une quinzaine de jours par temps sec, et une lagune de finition profonde de un mètre (1 m) où elles restent environ deux jours (2 j) **(FNSA, 2009)**.

3.2.3. Épandage agricole

L'épandage des produits résiduaires organiques d'origine agricole, urbaine et agro-industrielle est une pratique agricole qui permet de remplacer tout ou partie des intrants chimiques conventionnels. Les éléments épandus sont alors « consommés » par le couvert végétal pour sa croissance et ainsi épurés ces eaux **(CAHM, 2006)**. Les fumiers et les lisiers qui représentent la majeure partie des effluents, suivent des plans d'épandage sur les parcelles agricoles car ils constituent de bons engrais organiques **(Coopénergie, 2011)**.

3.3. Méthodes de valorisation

De même, la valorisation des déchets consiste dans le réemploi, le recyclage ou toute autre action visant à obtenir, à partir des déchets, des matériaux réutilisables ou de l'énergie **(INRA, 2002)**.

3.3.1. Valorisation matière

La valorisation matière consiste à introduire en entier ou en partie de la matière déjà existante dans un nouveau processus de production **(AFNOR, 1997 ; Didier, 2013)**, selon **Senat français (1998)** et **ADEME (2008)**, on distingue :

3.3.1.1. Récupération

Elle consiste à sortir ce déchet de son circuit traditionnel de collecte et de traitement; la récupération suppose une collecte séparée ou un tri, se situe en amont de la valorisation qui consiste, d'une certaine façon, à redonner une valeur marchande aux déchets.

3.3.1.2. Recyclage

Toute opération de valorisation par laquelle les déchets, y compris les déchets organiques, sont retraités en substances, matières ou produits aux fins de leur fonction initiale ou à d'autres fins.

3.3.1.3. Réemploi

Il est un nouvel emploi d'un déchet pour un usage analogue à celui de sa première utilisation; c'est en quelque sorte, prolonger la durée de vie du produit avant qu'il ne devienne déchet.

3.3.1.4. Réutilisation

Elle consiste à utiliser un déchet pour un usage différent de son premier emploi, ou à faire, à partir d'un déchet, un autre produit que celui qui lui a donné naissance.

3.3.1.5. Régénération

La régénération consiste en un procédé physique ou chimique qui redonne à un déchet les caractéristiques permettant de l'utiliser en remplacement d'une matière première neuve.

3.3.2. Valorisation Organique

La valorisation organique est un traitement biologique des déchets qui vise à réduire en poids et volume les déchets destinés à l'enfouissement. Le compostage et la méthanisation sont des procédés biologiques qui s'appliquent à la plupart des déchets organiques, notamment les déchets végétaux, la fraction fermentescible des déchets ou les boues de station d'épuration **(Barth *et al.*, 2010)**. Deux types de valorisation existent :

3.3.2.1. Compostage

Le compostage est une fermentation aérobie contrôlée (c'est-à-dire en présence de l'oxygène de l'air) qui aboutit à la production d'un amendement organique; le but des méthodes de

compostage est d'optimiser les techniques afin que les différents vagues micro-organismes se développent dans les conditions favorables et dans les délais raisonnables. En effet, le compostage est un processus en deux phases d'activités. Sous l'action de micro-organismes, la matière organique fraîche (déchets organiques entrant dans le processus) est dégradée en éléments simples. Dans le deuxième temps le micro-organisme réorganisent ces éléments en une matière organique stable : le compost **(Barth *et al.*, 2010)**.

Ce mode de valorisation permet donc d'utiliser simultanément les propriétés agronomiques du déchet pour la croissance des plantes et de réaliser son élimination par l'intermédiaire des propriétés épuratrices du sol. Cette voie concerne les déchets organiques étant fermentescibles **(IVAMER, 2010)**.

3.3.2.2. Méthanisation

La méthanisation est, comme le compostage un procédé de fermentation mais aboutissant à la création de méthane; le méthane est ensuite utilisé pour les mêmes applications que le gaz naturel. C'est un traitement biologique par voie anaérobie de matières fermentescibles, produisant du biogaz et un digestat (résidus de fermentation) **(Barth *et al.*, 2010)**. En conditions contrôlées la digestion anaérobie est la transformation de la matière organique en méthane (CH_4), eau (H_2O) et gaz carbonique (CO_2) par un écosystème complexe fonctionnant en absence d'oxygène **(ASTEE, 2006)**. Le biogaz produit de la méthanisation est utilisé comme combustible dans les ménages, soit par injection dans le réseau de gaz naturel, soit par combustion dans une installation permettant de produire de la chaleur et/ou de l'électricité comme est présenté dans la figure 7 **(Anzivino, 2010)**.

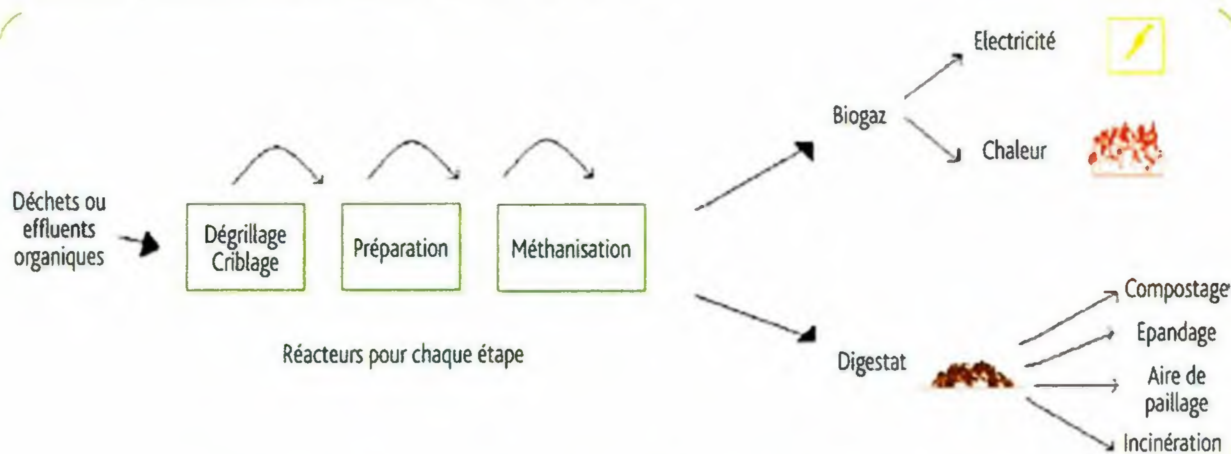


Figure 7 : Schéma de principe de la méthanisation **(FNSA, 2009)**.

La méthanisation en digesteur présente plusieurs intérêts lorsqu'elle est appliquée à des effluents d'élevage :

- produire de l'énergie ;

- réduire les inévitables émissions de méthane dans l'atmosphère qui se produisent lors du stockage de ces effluents; le méthane est en effet un puissant gaz à effet de serre dont il convient de réduire les émissions non maîtrisées ou d'optimiser le captage;
- produire un digestat, plus facile d'utilisation que les effluents d'élevage bruts en tant que matière fertilisante **(MEDDE, 2013)**.

La figure 8 est une nette illustration d'un digesteur pour la production du biogaz.

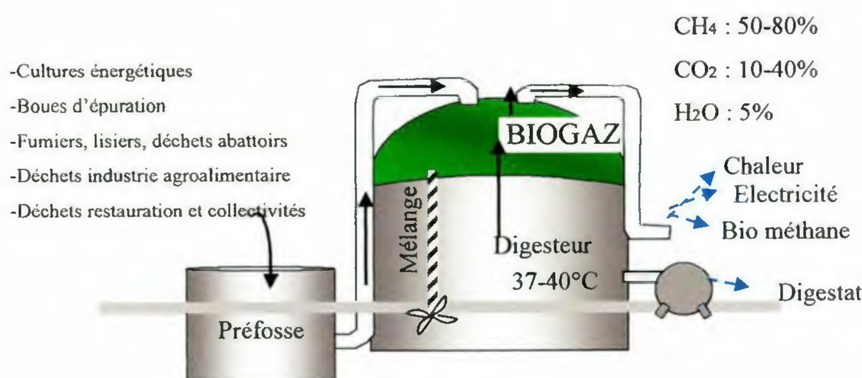


Figure 8 : Bilan de la réaction de production de biogaz **(Gallien, 2011)**.

3.3.3. Valorisation énergétique (Incinération)

L'incinération est un mode de traitement des déchets reposant sur la combustion des déchets. Cette valorisation consiste à utiliser les calories contenues dans les déchets, en les brûlant et récupérant l'énergie. Elle concerne la plupart des déchets organiques (solvants, hydrocarbures, vernis...). Il existe plusieurs filières en fonction des caractéristiques du déchet et notamment de sa teneur en éléments halogénés. Les effluents sont des fumées pouvant être nocives (métaux lourds, dioxines et furannes, poussières, CO, HCI, HF, SO_2, NO, NO_2...) qu'il convient de traiter avant rejet dans l'atmosphère. Elle réduit le volume des déchets, détruit les microbes et germes et produit de l'énergie à partir de la chaleur de la combustion. C'est une méthode ou technique de destruction des ordures par le feu. L'incinération des déchets à l'air libre est une pratique fréquente. Or, la combustion des plastiques contribue de manière significative à la dégradation de la qualité de l'air en libérant des dioxines et des furanes. Certains types de déchets dangereux subissent un traitement thermique. Ces flux nécessitent, du fait de leurs caractéristiques, des usines d'incinération dédiées avec des températures de traitement, des temps de séjour, des circuits de refroidissement, et des traitements de gaz, de fumée spécifiques. L'énergie qui peut être produite par cette incinération permet de chauffer des immeubles ou de produire de l'électricité **(SUEZ Environnement, 2006)**.

La figure 9 présente une synthèse des types de valorisation des déchets issus des agro-industries.

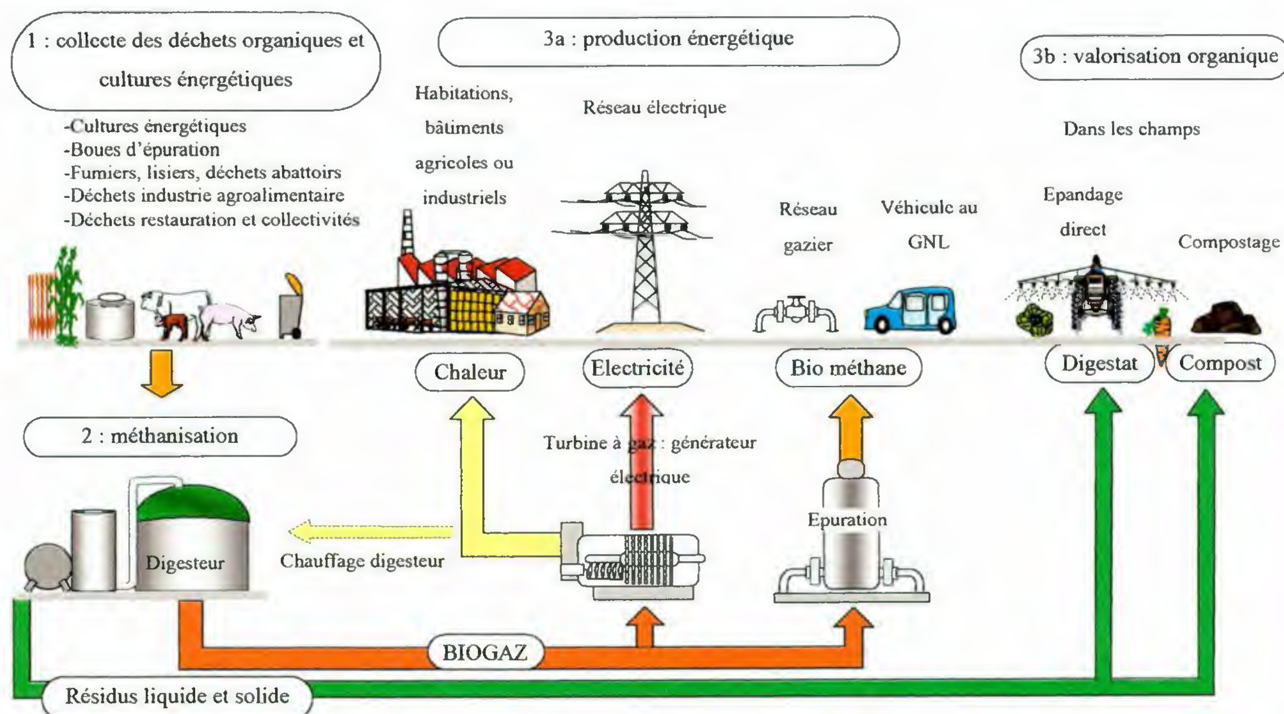


Figure 9 : Schéma global de valorisation **(Gallien, 2011)**.

3.3.4. Biocarburants

Les biocarburants sont des carburants de substitution obtenus à partir de la biomasse (matière première d'origine végétale, animale ou issue de déchets)**(Couhert, 2007)**. Ils sont généralement incorporés dans les carburants d'origine fossile et qui vient en complément ou en substitution du combustible fossile. Un biocarburant ou agro carburant est un carburant produit à partir de matériaux organiques non fossiles, provenant de la biomasse (c'est le sens du préfixe « bio » dans *bio*carburant).

Il existe deux grandes filières de production des biocarburants :

Biocarburants de 1re génération

Les acteurs de la filière énergétique se sont tournés vers des ressources alimentaires : colza, maïs, tournesol, arachide, palme, soja, etc. **(Cormeau et Ghislain, 2008)**.

- De nombreuses espèces végétales sont cultivées pour leur sucre : c'est le cas par exemple de la canne à sucre, de la betterave, céréales, du maïs, du blé ou encore dernièrement de l'ulve.
- Filière alcool comme le bioéthanol, à partir de sucres, d'amidon, de cellulose ou de lignine hydrolysées.

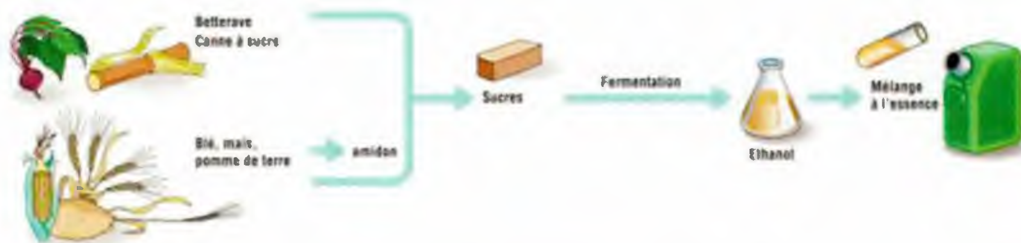


Figure 10 : Filière biocarburant essence (**Mesbahi, 2012**)

Biocarburants 2^egénération

Ces derniers sont fabriqués à partir de végétaux non alimentaires, c'est-à-dire de la biomasse ligno cellulosique : déchets agricoles, résidus forestiers, bois, plantes dédiées, etc. La filière biocarburant « gazole », pour les véhicules Diesel, constituée par les EMAG (esters méthyliques d'acides gras) fabriqués à partir d'huiles végétales, de graisses animales ou d'huiles usagées recyclées (**Cormeau et Ghislain, 2008 ; Ballerini, 2007**).

- filière huile et dérivés, comme l'huile végétale carburant, le biodiesel (ou biogazole); mais aussi de graisses animales ou des acides gras divers (algues,…)



Figure 11 : Filière biocarburant gazole (**Mesbahi, 2012**).

Parallèlement à ces filières actuelles appelées « biocarburants de première génération », d'autres filières appelées « biocarburants de deuxième et de troisième génération » se développent avec de nouveaux procédés utilisant d'autres biomasses. Ils seront produits à partir de résidus agricoles (paille) et forestiers (bois), de cultures dédiées, d'algues…

4. STRATEGIE D'UNE MEILLEURE GESTION DES DECHETS AGRO-INDUSTRIELS : CAS D'UNITES AGRO-ALIMENTAIRES

4.1. Déchets d'une unité de production d'huile de palme

Une unité agro-industrielle spécialisée dans la production de l'huile de palme génère beaucoup de déchets tant solides que liquides qui doivent être valorisés (cas de la société d'AGRIVAR : Agro-industrie Variée).

Présentation de l'entreprise AGRIVAR

AGRIVAR est une société à Responsabilité Limitée (SARL) situé à environ 60 km au sud d'Abidjan, plus précisément dans la ville de Bonoua. Il est accessible par la route internationale reliant Abidjan (Côte d'Ivoire) à Accra (Ghana). Elle a pour activité principale l'extraction de l'huile de palme à partir des graines de palme. Elle mène également des activités de valorisation des déchets (rafles, tourteaux, boues ...) engendrés au cours de ce recueillement d'huile pour produire de l'engrais biologique.

Elle a démarré ses activités en 2001 ; la performance (16 tonnes d'huile de palme par jour) et la qualité des services de AGRIVAR lui ont valu une certification RSPO (Rountable on Subtainable Palm Oil).

4.1.1. Typologie des déchets dans le système

Le processus de fabrication de cette huile et les modes de traitement des déchets générés sont un exemple type de valorisation.

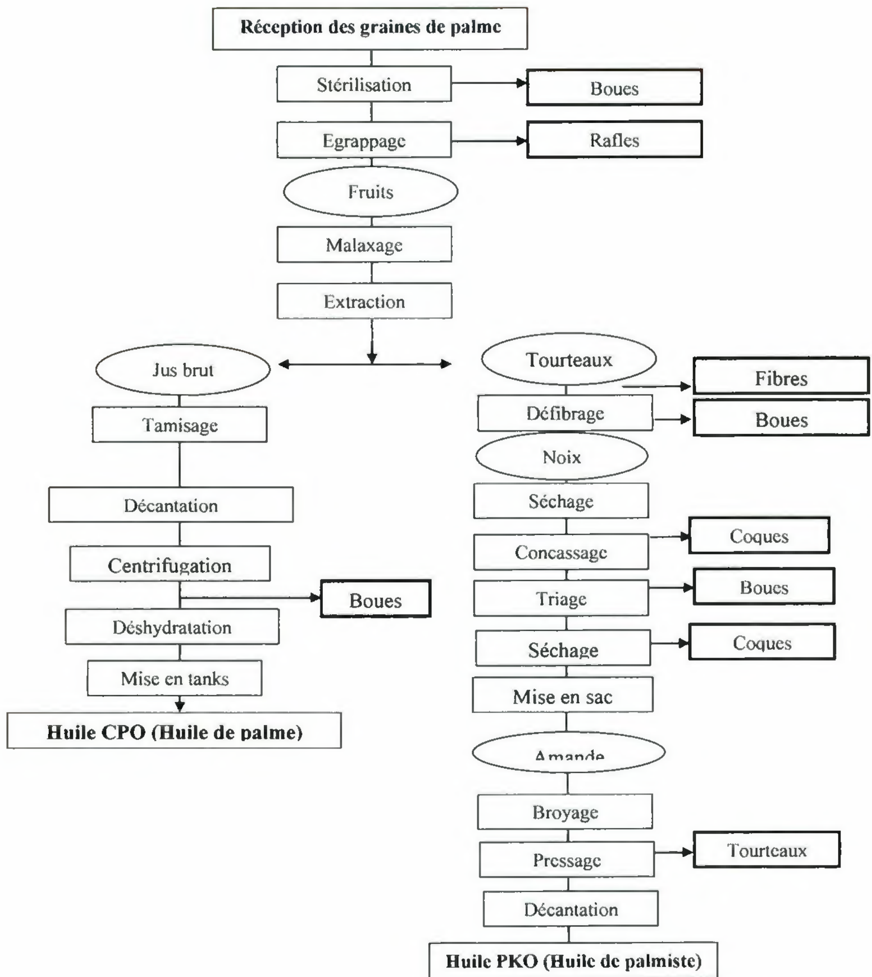


Figure 12 : Typologie des déchets dans le système de production.

4.1.2. Valorisation des déchets

4.1.2.1. Production d'engrais Biologique

4.1.2.1.1. A partir de fibres et rafles

Les fibres sont séparées du reste du tourteau par le biais d'une machine qui porte le nom de palmistérie. Les fibres et les rafles sont ensuite incinérées pour produire de la cendre qui représente un engrais riche en NP (Azote et Phosphore).

4.1.2.1.2. A partir de la boue

Lors de la production de l'huile, après décantation et filtration, la boue est séparée de l'huile grâce à un décanteur triphasique. Cette boue subit un séchage, ensuite elle est broyée puis tamisée, la formulation suivie est mise en sac. Elle constitue un engrais riche en NPK (Azote, Phosphate te Potassium).Le mélange des boues (riches en NP) et des cendres (riche en NPK) sert à la production d'engrais bio.

4.1.2.1.3. Production de combustible biologique

Le mélange de rafles, fibres et coques subit un broyage. Il y a ajout de liant, après survient un compactage suivi de découpage et production de combustible biologique. Le combustible biologique dans la chaudière pour produire la chaleur qui sert au chauffage de l'eau.

4.1.2.1.4. Production de biogaz

Après l'épandage et le séchage des boues, les eaux qui se sont infiltrées vont constituer un lagunage. Ces eaux sont riches en biogaz tels que le N_2 et en micro et macro organismes (figure13).

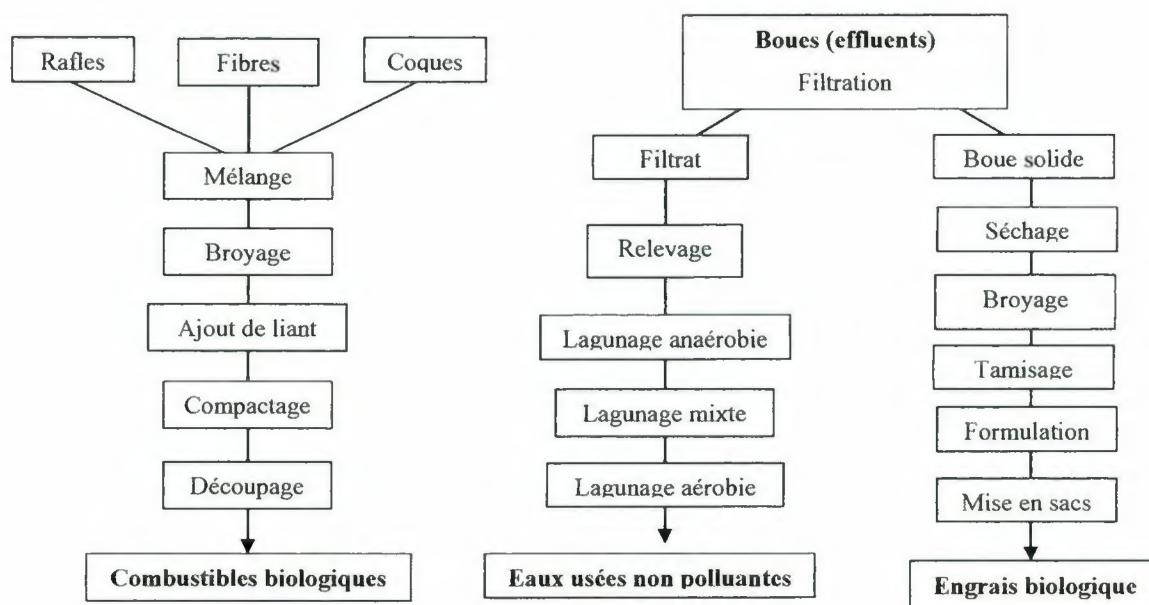


Figure 13 : Schéma de valorisation des déchets

4.2. Déchets d'une unité de transformation de cacao

4.2.1. Type de déchets et sous-produits

Les fèves de cacao sont transformées en pâte de cacao et beurre de cacao etc. Durant toutes les étapes de transformation, différents déchets sont produits : débris de cabosses, mucilage, coques de fèves etc. La valorisation de ces derniers est depuis quelques années un objectif de la filière (figure 14) **(Adams, 2003)**.

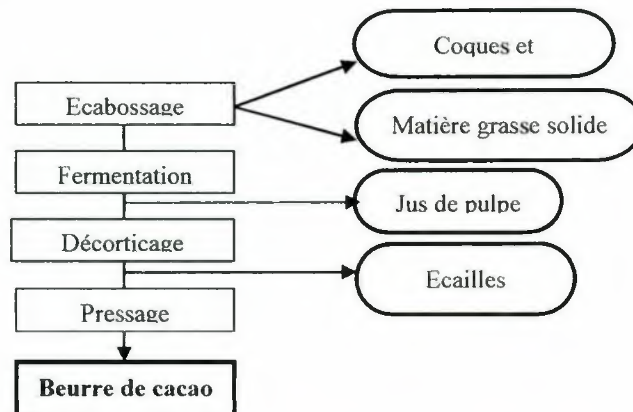
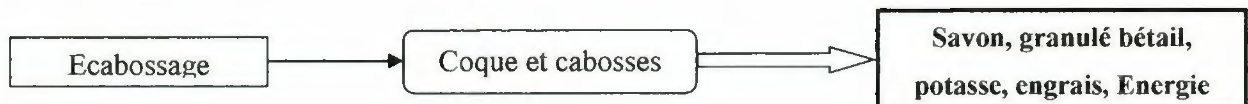


Figure 14 : Diagramme des sous-produits du cacao

4.2.2. Valorisation des déchets

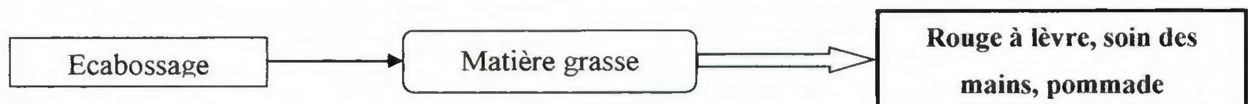
4.2.2.1. Valorisation des coques et cabosses

Les valeurs ajoutées découlent des coques et cabosses se présentent comme suit :



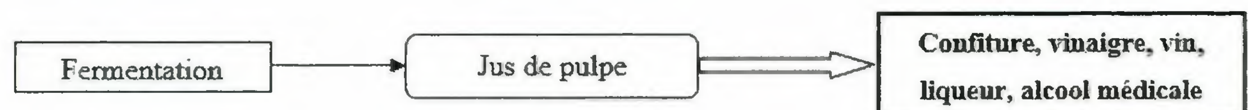
4.2.2.2. Valorisation de la matière grasse solide

La matière grasse solide est réduite en produits cosmétiques comme suit :



4.2.2.3. Valorisation du jus de pulpe

La matière grasse solide est réduite en produits cosmétiques comme suit :



CONCLUSION ET PERSPECTIVES.

L'étude a permis d'identifier la typologie des déchets agro-industriels, l'impact des déchets agro-industriels sur l'environnement et la santé humaine, les moyens de traitement et de valorisation des déchets agro-industriels. Les principaux types de déchets agro-industriels sont les déchets organiques (épluchures, fleurs fanées, etc.), les déchets banals (verres, bois, etc.), les déchets dangereux et spéciaux (solvants, hydrocarbures, etc.) et les déchets inertes (déblais et gravats, de résidus d'activité extractive, etc.). Ces déchets sont traités et valorisés par mise en décharge, compostage, recyclage méthanisation et incinération. Les maladies liées aux déchets agro-industriels fréquemment rencontrés sont majoritairement le syndrome respiratoire aigu et chronique, les maladies de la peau, l'érysipèle, la morve, la tularémie et la fièvre. Egalement les maladies cancérigènes y sont rencontrées. Ainsi ces déchets mal gérés ont un impact sur la santé et l'environnement.

Pour une meilleure approche de gestion des déchets agro-industriels, il faudrait orienter les efforts dès la conception du produit en le rendant par son élimination, le moins possible responsable dans la nocivité des déchets et dans les risques de pollution. Pour cela, il serait recommandable de mener les actions suivantes :

- Réduire la production des déchets à la source par l'utilisation de technologie propre au niveau de la fabrication de ceux-ci.
- Mettre en place un système d'acheminement des déchets vers les centres de valorisation et de traitement.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

Adams M. R. (2003). The small-scale production of vinegar from bananas.*Rep. Trop. Inst. G.* 132, 15p.

ADEME (2004). Évaluation de la production nationale des déchets non dangereux et dangereux des entreprise en 2004, Établissements industriels et commerciaux de 10 salariés et plus, rapport d'activité, 25p.

ADEME (2006). Gestion des déchets organiques en France : le point sur les filières de gestion biologique avec retour au sol, rapport d'activité, France, 52p.

ADEME (2008). Réduire et valoriser les déchets, les choix gagnants. Industries Agricoles et agroalimentaires. Guide ADEME Entreprises : comment bien gérer vos déchets ?, 8p.

ADEME (2015). Mieux valoriser les déjections animales : Pour fertiliser et produire de l'énergie. Agriculture et Environnement. Références fiche n°8, France, 12 p.

AFNOR (1997). Gestion des déchets. Paris, 656p.

Agreste (2010a). Déchets des industries agro-alimentaires : Une bonne gestion des déchets organiques. Ministère de l'Alimentation de l'Agriculture et de la pêche, Revue numéro 245, France, 4p.

Agreste (2010b). La gestion des effluents dans les élevages porcins : Les bâtiments d'élevage porcin entre 2001 et 2008, Revue numéro 248, France, 4p.

Agreste (2012). Les industries agroalimentaires en Auvergne en 2009.Direction Régionale de l'Alimentation, de l'Agriculture et de la Forêt Auvergne. Revue N°107, 35p.

Anzivino V. L. (2010). Evaluation des effets sanitaires liés à la gestion des déchets ménagers et assimilés (DMA). Rapport scientifique, 82p.

ASTEE (2003). Guide pour l'évaluation du risque sanitaire dans le cadre de l'étude d'impact d'une UIOM, Rapport scientifique, France, 63p.

ASTEE (2006). Guide méthodologique pour l'évaluation du risque sanitaire de l'étude d'impact des installations de compostage soumise à autorisation. Rapport scientifique, France, 54 p.

ASTI (2014). Indicateurs clés, 2000-2011. Fiche d'information sur les indicateurs de la R&D agricole. Programme ASTI/IFPRI et ISRA. Sénégal, 4p.

Ballerini D. (2007). Les biocarburants de première génération : l'éthanol et le biodiesel : Etat de l'art, Editions Technique, Paris, 37p.

Barth R., Armelle G.A.C., Chauvin M. & Cite au L. (2010). La valorisation des matières et de déchets organiques en Bretagne. Document réalisé et édité en collaboration avec les partenaires de l'Observatoire Régional des Déchets en Bretagne, France, 41p.

CAHM (2006). Gestion des effluents d'élevages : Quelques repères pour gérer la mise en Conformité. Version 6, 24p.

Castillo de Campins C. (2005). Etude d'un procédé compact de traitement biologique aérobie d'effluents laitiers. Thèse de doctorat de Sciences Ecologiques, vétérinaires, Agronomiques et Bio ingénieries, Institut National des Sciences Appliquées de Toulouse, France, 201p.

CGDD (2012). Lexique à l'usage des acteurs de la gestion des déchets. Collection «Références» du Commissariat Général au Développement Durable - Service de l'Économie, de l'Évaluation et de l'Intégration du Développement Durable, France, 48p. www.developpement-durable.gouv.fr.

CGEM (2006). Focus sur la gestion des déchets industriels. Commission Economie verte, 2p.

Coopénergie (2011). Les effluents d'élevage : Une solution énergétique – durable – locale – renouvelable. Définitions, 2p.

Cormeau J. & Ghislain G. (2008). Les biocarburants de deuxième génération : semer aujourd'hui les carburants de demain. Demeter édition 2008 : 225-302.

Couhert C. (2007). Pyrolyse flash `à haute température de la biomasse ligno-cellulosique et de ses composées : production de gaz de synthèse. Energie électrique. Ecole Nationale Supérieure des Mines de Paris, Français. 223p

Da Silva C. A., Baker D., Shepherd A. W., Jenane C. & Miranda-da-Cruz S. (2009). Agro-industries for development. CAB International. FAO, IFAD and UNIDO, Rome, Italy, 290p.

Di Nola G. (2007). Biomass fuel characterization for NOx emissions in co-firing applications, PhD thesis, Delft University of Technology, 237p.

Didier A-F. (2013). Gestion et traitement des déchets. Cours, version 2,36p.

FAO (1997). La situation mondiale de l'alimentation et l'agriculture : les industries agroalimentaires et le développement économique, chapitre 3. Département économique et social. Rome, 31p.

FAO (2014). Résidus agricoles et sous-produits agro-industriels en Afrique de l'ouest: Etat des lieux et perspectives pour l'élevage. Bureau régional pour l'Afrique de la FAO, Accra. www.fao.org/publications. 73p.

FNSA (2009). Panorama des techniques de traitement des Déchets d'Assainissement. Guide pratique, France, 60p.

Fuentes A., Llorénz M., Sáez J., Soler A., Aguilar M. I., Ortuño J. F. & Meseguer V. F. (2004). Simple and sequential extractions of heavy metals from different sewage sludge, Chemosphere, volume 54, pages 1039-1047, doi:10.1016/j.chemosphere.2003.10.029.

Gallien A. (2011). Biogaz en 3 étapes : cultures énergétiques, valorisation des déchets organiques.http://svt.ac-dijon.fr/schemassvt/rubriquedijon.fr/schemassvt/rubrique .php3? Id_rubrique=97&debut_page= 10, http://www.enerbiom.eu/fr/filieres. Journal« Le Monde » du 21-10-2011.

IFAD (2008). The importance of agroindustry for socioeconomic development and poverty reduction: How agroindustry can help eradicate poverty. UN Commission on Sustainable Development - 16th session, FAO, UNIDO and IFAD, New York, 13p.

INRA (2002). Gestion des déchets : Guide pour les établissements publics d'enseignement supérieur ou de recherche. Document de synthèse. France, 194p.

INSEE (2008). (Institut National de la Statistique et des Études Économiques), http://www.insee.fr/fr/themes/detail.asp?reg_id=99&ref_id=dechets

IVAMER (2010). Etat des lieux des déchets et sous-produits organiques issus de l'industrie agro-alimentaire bas-normande. Rapport d'étude. France, 77p.

Le Gléau F. (2012). Étude d'un dispositif de traitement de fumées issues de l'incinération de déchets industriels spéciaux, Doctorat spécialité : Optique et Laser, Physicochimie, Atmosphère. L'École des mines de Douai ET L'Université Lille 1, France, 267p.

Lhuilier D. & Cochin Y. (1999). Déchets et santé: Représentation des risques sanitaires liés aux déchets et à leur mode de traitement. Rapport final, Université Paris VII, France, 17p.

MEDDE (2013). Valorisation biologique des déchets organiques : la méthanisation. Direction générale de la Prévention des risques, France, 2 p. www.developpement-durable.gouv.fr

Mejbri R., Magejeka G., Lafrance P. & Mazet M. (1995).Fractionnement et caractérisation de la matière organique des lixiviats de décharge d'ordures ménagères. *Revue des sciences de l'eau*, 8 : 217-236.

Mesbahi D. (2012). La transestérification hétérogène de l'huile de tournesol sous alumine : Production du biodiesel EEHV. Mémoire de magister en Chimie. Université Abou BekrBelkaid de Tlemcen, Algérie. 99p.

Ndoumbe N. H., Ngnikam E. &Wethe J. (1995). Le compostage des ordures ménagères : l'expérience du Cameroun après la dévaluation du FCFA. *Bull. Afr.Bio-res.*4: 4-10.

Oliver I. W., McLaughlin M. J. & Merrington G. (2005). Temporal trends of total and potentially available element concentrations in sewage biosolids: a comparison of biosolids surveys conducted 18 years apart, *Sc. T. Env.*337: 139-145.

Pope C. A. (2000). Epidemiology of fine particulate air pollution and human health : biologic mechanisms and who's at risk? Environment health perspectives. *Suppl.* 108 (4): 713-23.

Senat français (1998). Rapport sur la valorisation des déchets n° 98-415o98-4152-1998, consulté le 21/09/2015 sur le site http://www.senat.fr/rapport98-415o98-4152.

SUEZ Environnement (2006). Industriels : comment réduire les impacts sur l'environnement. Rapport, 25p.

UE (2006). Industries agro-alimentaires et laitières. Document de référence sur les meilleures techniques disponibles. RHC/EIPPCB/FDM_BREF_FINAL, 733p.

Wilkinson J. & Rocha R. (2008). The Agro-Processing Sector: Empirical Overview, Recent Trends and Development Impacts, *Plenary Paper for Global Agro-Industries Forum*, 34p.

RESUME

Le rejet des déchets agro-industriels dans l'environnement engendre des pollutions des ressources en eaux, des sols, de l'air, et affecte la biodiversité. En vue de comprendre comment se fait la gestion des déchets agro-industriels, la présente revue de littérature a été effectuée pour identifier d'une part les types de déchets générés et d'autre part les méthodes de traitement et de valorisation employées. Les types de déchets essentiellement identifiés sont les déchets banals, les déchets dangereux et spéciaux et les déchets inertes. Pour le traitement des déchets, les agro-industriels font recours essentiellement à la mise en décharge, au traitement dans les stations d'épurations et à l'épandage. Quant à la valorisation de ces déchets, plusieurs méthodes sont utilisées notamment la valorisation matière, la valorisation organique, et la valorisation énergétique.

Mots clés : Déchets agro-industriels, pollution, valorisation, épandage, environnement.

RESUME

Le rejet des déchets agro-industriels dans l'environnement engendre des pollutions des ressources en eaux, des sols, de l'air, et affecte la biodiversité. En vue de comprendre comment se fait la gestion des déchets agro-industriels, la présente revue de littérature a été effectuée pour identifier d'une part les types de déchets générés et d'autre part les méthodes de traitement et de valorisation employées. Les types de déchets essentiellement identifiés sont les déchets banals, les déchets dangereux et spéciaux et les déchets inertes. Pour le traitement des déchets, les agro-industriels font recours essentiellement à la mise en décharge, au traitement dans les stations d'épurations et à l'épandage. Quant à la valorisation de ces déchets, plusieurs méthodes sont utilisées notamment la valorisation matière, la valorisation organique, et la valorisation énergétique.

Mots clés : Déchets agro-industriels, pollution, valorisation, épandage, environnement.